Heinrich Hertz zum 150. Geburtstag

AUTOR
Dr. Claus Kunze
Taunusstein
Tel.

Heinrich Hertz wurde am 22.2.1857 in Hamburg geboren. Er stammte aus einer angesehenen Juristenfamilie. Nach einer privaten Schulausbildung machte er in der Oberprima der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg seine Reifeprüfung. Seine Interessen galten in der Schule bereits den naturwissenschaftlichen Fächern, außerdem war er handwerklich sehr geschickt.

In Dresden, München und Berlin studierte er Mathematik und Physik in den Jahren 1876-1879. In Berlin wurde er Assistent bei von Helmholtz und Kirchhoff, die seine ungewöhnliche Begabung erkannten und ihn förderten. 1880 promovierte er über ein physikalisch-theoretisches Thema. Es folgten Arbeiten über Themen der Mechanik, der allgemeinen Messtechnik und der Gasentladung. 1883 ging er als Privatdozent nach Kiel, und 1884 wurde er als ordentlicher Professor nach Karlsruhe berufen [1].



Heinrich Hertz

* 22. 2. 1857
† 1. 1. 1894

Seine zukünftigen Arbeitsgebiete wurden stark durch die Themen bestimmt, die Mitte des 19. Jahrhunderts die wissenschaftliche Welt diskutierte. Die Lehre der elektrischen Erscheinungen befand sich in einem dramatischen Umbruch. Die gegensätzlichen Meinungen werden kurz umrissen, um die Leistungen von Heinrich Hertz besser beurteilen zu können.

Scheinbar fest verankert stand die Weber-Ampère'sche Lehrmeinung. Nach dieser wirkt eine Fernkraft zwischen zwei elektrischen Ladungen, die von der Größe der Ladungen, deren Abstand, Relativgeschwindigkeit und eventuell vorhandenen Beschleunigungen abhängt. Der postulierte Äther vermittelte dabei die räumlichen und zeitlichen Wirkungen. Aus diesen Grundgesetzen, dabei wurde noch stark in den Kategorien der Mechanik gedacht, ließen sich alle damals bekannten elektromagnetischen Erscheinungen in geschlossenen Kreisen genügend zutreffend beschreiben. Bei offenen Kreisen gab es noch erhebliche Probleme.

Als Faraday 1832 die gegenseitige Beeinflussung von zwei geschlossenen Stromkreisen, die Induktion, entdeckte und beschrieb, entstand eine neue Betrachtungsweise. Er benutzte erstmals das Bild von magnetischen Kraftlinien, die bei Stromfluss um den ersten Stromkreis, zum Beispiel eine Spule, entstehen und die vom zweiten Stromkreis geschnitten werden. Dadurch wird umgekehrt wie bei der Entstehung des magnetischen Feldes durch das magnetische Feld eine Spannung im zweiten Kreis induziert und so ein Stromfluss erzeugt.

Diesen Gedanken griff Maxwell auf, als er in den Jahren 1855-1862 eine vollständig neue Theorie für das Licht als elektromagnetische Strahlung entwickelte [2]. Nicht mehr die elektrischen Ladungen und ihre Fernwirkungen sind für die elektrischen Erscheinungen verantwortlich, sondern die elektrischen und magnetischen Felder zwischen den Ladungen und deren Verknüpfungen miteinander. Dazu führte er nicht nur nach Faraday den Begriff des magnetischen Flusses ein, er postulierte auch einen Verschiebungsstrom im Dielektrikum und im Äther. Die Felder sind eine Eigenschaft des Raumes und beschreiben einen bestimmten Spannungszustand des Äthers. Maxwell entwickelte für die Verknüpfung der Felder ein System partieller Differentialgleichungen, aus deren Lösungen alle bisher bekannten Gesetze der Optik hergeleitet werden konnten. Eine Anwendungsmöglichkeit für dieses Gleichungssystem auf die Elektro-Magnetik wurde zumindest vermutet.

Die Entscheidung zwischen den beiden Auffassungen konnte nur experimentell gefällt werden. Hertz wurde schon 1881 auf eine Preisaufgabe hingewiesen, die die Berliner Akademie

ausgeschrieben hatte. Es wäre experimentell nachzuweisen, „ob irgendeine Beziehung zwischen den elektrodynamischen Kräften und der dielektrischen Polarisation der Isolatoren besteht. Sei es nun eine elektrodynamische Kraft, welche durch Vorgänge in Nichtleitern erregt würde, oder sei es eine Polarisation der Nichtleiter durch die Kräfte der elektro-

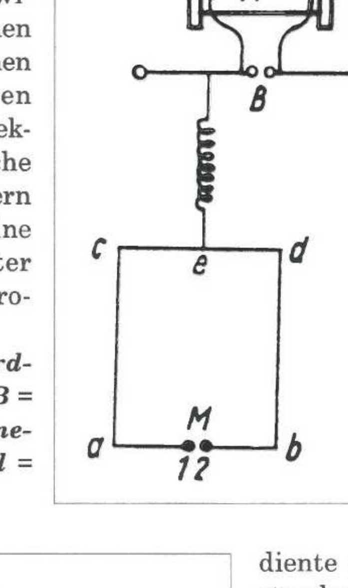


Bild 1: ***Erste Versuchsanordnung. A = Funkeninduktor, B = Funkenstrecke, M = Mikrometer-Funkenstrecke, a, b, c, d = Indikatorkreis.***

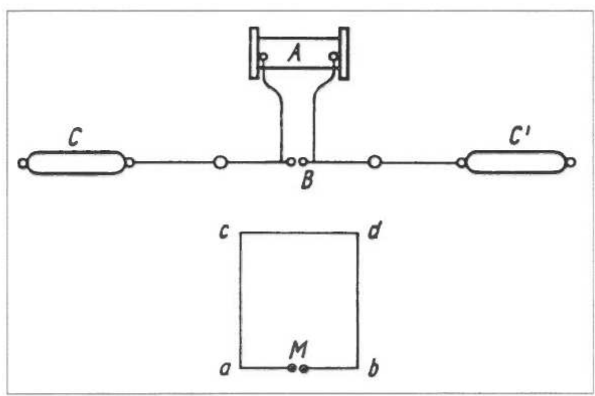


Bild 2: ***Zweiter Aufbau mit kapazitiv belastetem Dipol. C = Kondensatoren.***

dynamischen Induktion". Diese - wörtlich zitierte - Aufgabenstellung zielte direkt ab auf einen experimentellen Beweis der Maxwellschen Theorie und die Entscheidung für eine der beiden Lehrmeinungen.

Erst in Karlsruhe (ab 1886) sah HERTZ die Möglichkeit, die obige Aufgabe in Angriff zu nehmen. Dabei half ihm eine zufällige Beobachtung. Um eine geladene Leidener Flasche zu entladen, führte er den Entladungsstrom über eine Spule. Dabei beobachtete er, dass an einer benachbarten Spule kleine Fünkchen gleichzeitig mit den Entladungsfunken auftraten. Er vermutete, dass dafür hochfrequente Schwingungen die Ursache sind und dass Funken die gesuchte Möglichkeit zur Erzeugung solcher Schwingungen sind [1]. HERTZ kannte aber auch die 20 Jahre zurückliegenden Ergebnisse der Versuche von FEDDERSEN über die Entladung von „Flaschen". Jener beobachtete, dass die Entladung über einen Funken nicht auf einmal erfolgt, sondern oszillatorisch mit einer mehrfachen Umladung der Flaschenbeläge [6].

Er begann jetzt sehr rasch mit seinen Experimenten, in der Hoffnung, diese Schwingungen zur Lösung der oben beschriebenen Aufgabe nutzen zu können. Der „Ruhmkorff", ein Funkeninduktor, diente als Erzeuger der Funken. Diese entstanden zwischen zwei Kugeln, die im Abstand einiger Zentimeter gegenüberstanden. An die Funkenstrecke wurde ein Dipol angeschlossen. Diese Anordnung diente als Oszillator. Ein Drahtring, mit zirka 30 cm Durchmesser, war an einer Stelle durch eine Mikrometer-Funkenstrecke unterbrochen. Er wurde als Resonator oder Indikator genutzt. Eine darin induzierte Spannung sollte durch Entladungen in der kleinen Funkenstrecke erkannt werden.

In seinen ersten Versuchen verwendete er zunächst eine direkte Kopplung zwischen Dipol

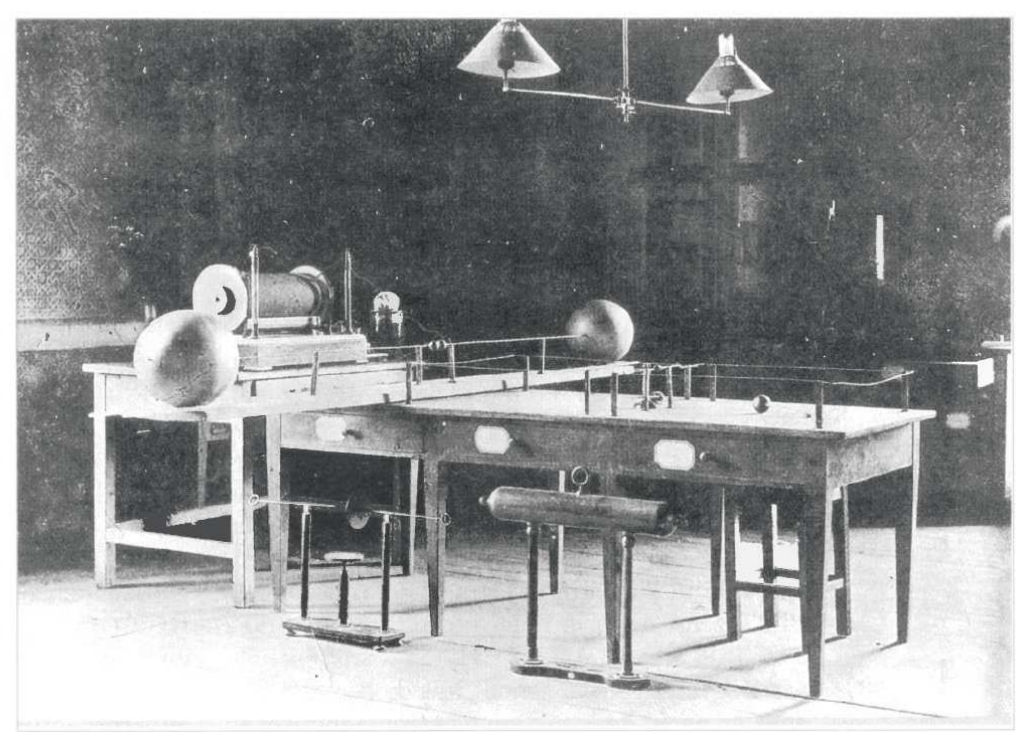


Bild 3: ***Arbeitstisch von Heinrich Hertz in Karlsruhe mit dem Versuchsaufbau zur Messung der Resonanzkurven.***

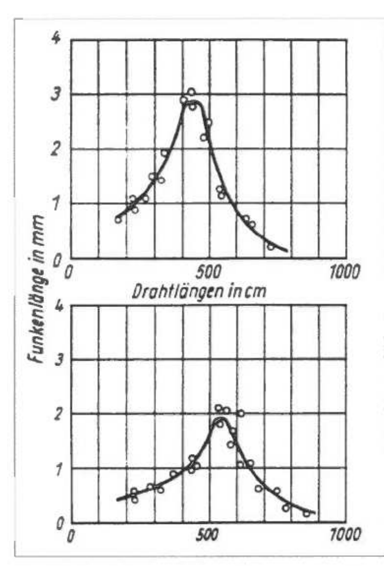


Bild 4: ***Resonanzkurven der beobachteten Funkenlänge als Funktion der Dipollänge des Senders.***

und Indikator (Bild 1). In seiner Veröffentlichung mit dem Titel „Über sehr schnelle elektrische Schwingungen" aus dem Jahr 1887 [3] berichtet er das sehr anschaulich. Darin wird die Arbeitsweise von HERTZ offenbar. Er plante seine Versuche sehr sorgfältig Schritt für Schritt. Zunächst konnte er aber nur „ das Vorhandensein sich schnell ändernder Ströme von starker Induktionswirkung" nachweisen.

Regelmäßige Schwingungen, die sich im freien Raum ausbreiten, müssten sich durch das Auftreten von Resonanz in den schwingungsfähigen elektrischen Kreisen nachweisen lassen. Deshalb änderte HERTZ seine Versuchsanordnung. Am Funkenerzeuger waren zwei Dipoldrähte, 1,3 m lang, angebracht. In der Mitte des Dipols war wieder die Funkenkenstrecke angeordnet. Auf den beiden Dipoldrähten waren Kugeln aus Zinkblech mit 30 cm Durchmesser, verschiebbar angeordnet (Bild 2 und 3). Als Indikatorkreis diente ein Drahtquadrat mit einer Seitenlänge von 75 cm, in der Mitte unterbrochen für die Mikrometer-Funkenstreke. Beide Teile waren grob aufeinander abgestimmt. Durch Verschieben der Kugeln auf den Dipolen wurde die Frequenz des Senders verändert. HERTZ beobachtete die maximalen Funkenlängen im Indikatorkreis. Die so gemessenen Funkenlängen durchlaufen als Funktion der Dipollänge, also von der Sendefrequenz, ein Maximum. Damit hatte er einen Resonanzeffekt gefunden und einen Beweis für die Existenz von regelmäßigen Schwingungen erbracht.

Wenn auf diese Schwingungen die Maxwellgleichungen anwendbar wären, so müssten sie sich wie Licht verhalten. Um auch diesen Beweis liefern zu können, baute HERTZ seinen Sendedipol in die Brennlinie eines Parabolspiegels ein. Bild 5 zeigt den von HERTZ benutzten Sender. Unter dem Spiegel steht wieder ein „Ruhmkorff". Der Empfänger war analog aufgebaut. Die Mikrometer-Funkenstrecke befand sich hinter dem Empfangsspiegel. Bild 6 zeigt die originale Anordnung. In Bild 7 und Bild 8 sind die von HERTZ veröffentlichten Zeichnungen zu sehen. Mit diesen Geräten wies er nach, dass für die elektromagnetischen Schwingungen die Gesetze der Reflexion, Brechung und der Polarisation ebenso gelten, wie

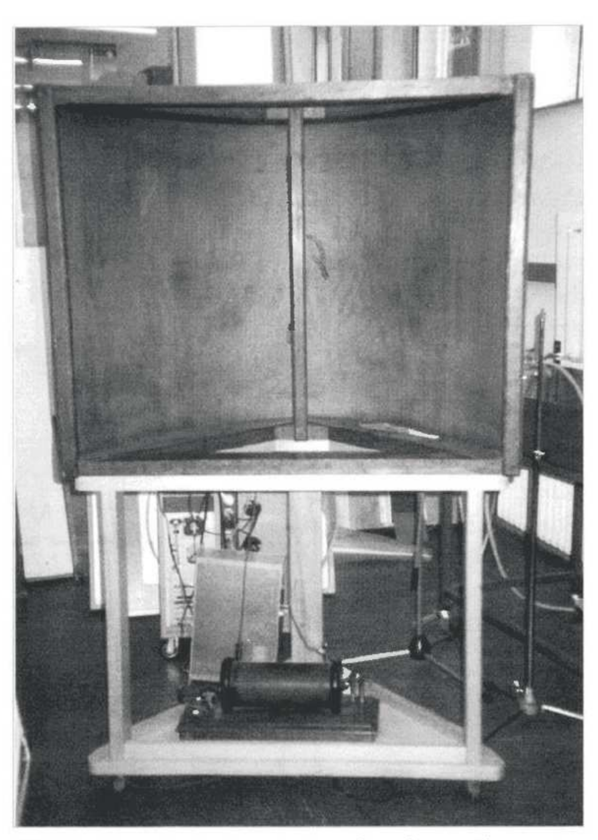


Bild 5: ***Parabolspiegel des Senders, darunter der Funkeninduktor.***

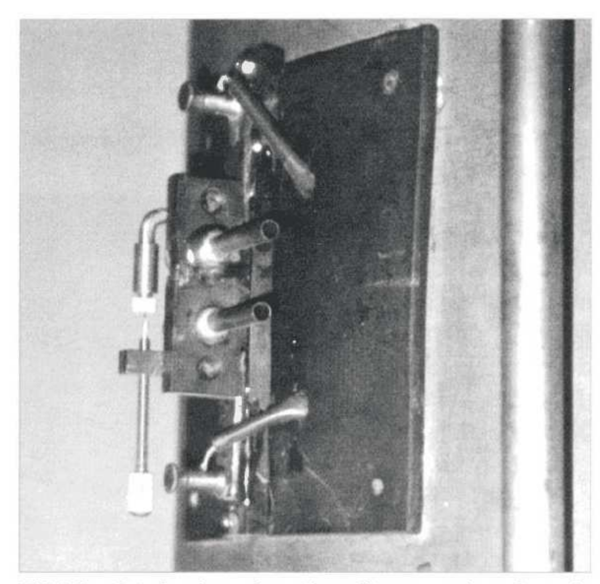


Bild 6: ***Rückseite des Empfängerspiegels mit außen angebrachter Mikrometer-Funkenstrecke.***

sie für Licht gelten [4]. Damit hatte er einen glänzenden experimentellen Nachweis für die Existenz von elektromagnetischen Schwingungen erbracht, die sich gemäß der Maxwellschen Theorie frei im Raum ausbreiten. Diese außerordentlichen Ergebnisse erzielte er durch kluge Versuchsdurchführung mit einfachsten, fast primitiven Hilfsmitteln.

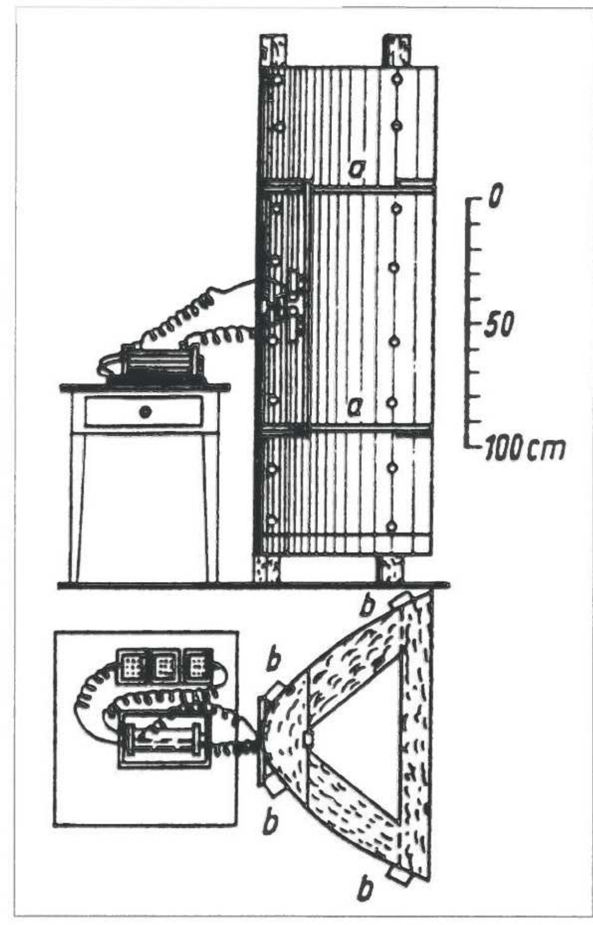


Bild 7: *Zeichnung aus [4]. Parabolspiegel des Senders.*

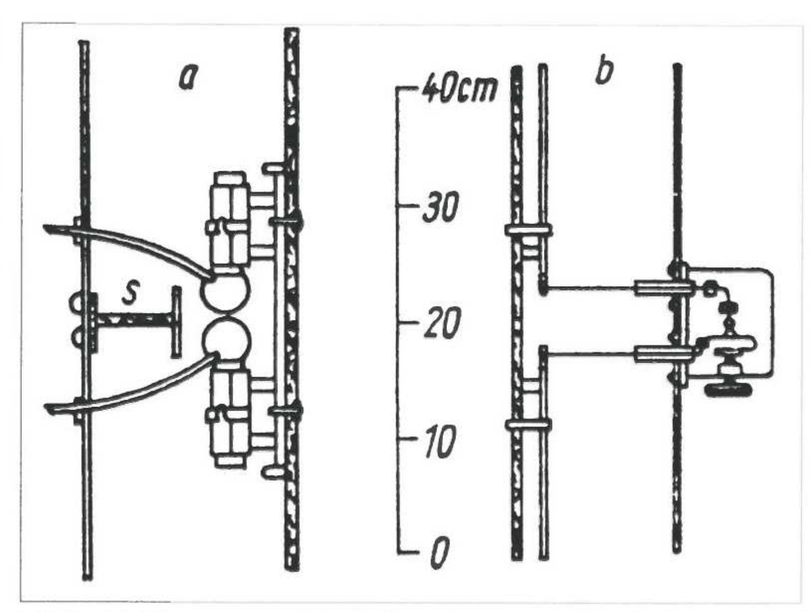


Bild 8: *Zeichnung aus [4]. a) Anordnung der Senderfunkenstrecke mit einer Holzabschirmung (S) gegen Lichtstrahlen der Funken.*
b) Anordnung des Empfangsdipols und Mikrometer-Funkenstrecke im Empfangsspiegel.

Er ergänzte seine experimentellen Ergebnisse durch eine theoretische Arbeit mit dem Titel „Über die Grundgleichungen der Elektrodynamik für ruhende Körper" [5]. Dort zeigt er, dass sich die bekannten magnetischen und elektrischen Erscheinungen zwanglos aus den Maxwellschen Gleichungen herleiten lassen. Außerdem fand er für das Gleichungssystem eine einfachere Form, analog zu unserer heute üblichen Vektorform. Damit hatte er den oben beschriebenen Disput zugunsten der modernen Feldtheorie entschieden.

An eine technische Nutzung seiner Entdeckung glaubte er nicht, wie ein Briefwechsel [7] zeigt. Dort hält er die Nutzung der von ihm entdeckten Schwingungen zur Nachrichtenübertragung vorläufig nicht für möglich. Für seine Arbeiten wurde er durch zahlreiche Ehrenmitgliedschaften geehrt. HEINRICH HERTZ konnte sich nicht mehr lange an seinen Erfolgen erfreuen. 1894 starb er, offenbar an den Folgen einer durchgebrochenen Mittelohrvereiterung.

Erst nach seinem Tode erkannten MARCONI, BRAUN, SLABY und GRAF ARCO, um nur einige zu nennen, die Möglichkeiten, die in der Entdeckung von HERTZ ruhten, und verbesserten die Technik der Schwingungserzeugung und ganz besonders der Nachweisgeräte. Mit dem Fritter als Detektor konnten die ersten Versuche zur Signalübertragung über größere Entfernungen gelingen.

Seit 1920 wird der Name von HERTZ in Deutschland für die Einheit der Frequenz benutzt, und seit 1933 wurde diese Bezeichnung international durch die IEC übernommen und überall gültig. ■

Danksagung: Herrn KORTMANN beim physikalischen Institut der Universität Bonn wird für die freundliche Hilfe bei der Herstellung der Aufnahmen Bild 5 und 6 gedankt.

QUELLEN

[1] G. Hertz: Vorwort zu „Über schnelle elektrische Schwingungen". Ostwalds Klassiker Bd. 251.
[2] James Clark Maxwell: On physical lines of physics. Philosophical Magazine, 1862.
[3] H. Hertz: Über sehr schnelle Schwingungen. Wiedemanns Annalen, Bd. 31, S. 421, 1887.
[4] H. Hertz: Über elektromagnetische Wellen im Luftraume und deren Reflexion. Wiedemanns Annalen. Bd. 34, S. 610, 1888.
[5] H. Hertz: Über die Grundgleichungen der Elektrodynamik für ruhende Körper, Wiedemannsche Annalen. Bd. 40, S. 577, 1890
[6] W. Feddersen: Entladung der Leidener Flasche. Oswalds Klassiker, Band 166, 1908.
[7] A. Wellenmann: Die elektrischen Wellen und ihre Anwendung zur drahtlosen Strahlentelegraphie nach Marconi. Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 1903.